

**Національний технічний університет Україна
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Голова Предметної комісії

Гарант освітньої

програми

Ярослав КОРНІЄНКО

« ____ » « _____ » 2021 р.

ПОГОДЖЕНО:

Проректор з навчальної роботи

_____Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

м.п.

« ____ » « _____ » 2021 р.

**ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ІСПИТУ
для здобуття наукового ступеня доктор філософії
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування**

*Програму рекомендовано вченими радами інженерно-хімічного факультету,
факультету біотехнології та біотехніки, та видавничо-поліграфічного
інституту*

Київ – 2021

ЗМІСТ

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	3
II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ.....	4
III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ	16
IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ	19
V. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ	21

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» проводиться для тих вступників, які мають ступінь магістра*.

Освітня програма «Галузеве машинобудування» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховані шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту. Проведення вступного випробування має виявити рівень підготовки вступника з обраної для вступу спеціальності.

Теоретичні питання вступного іспиту можна поділити на чотири розділи:

1. Гідромеханічні процеси
2. Механічні процеси
3. Теплові процеси
4. Масообмінні процеси

Розділи містять загальні питання, відповідь на які має знати кожен спеціаліст в галузі інформаційних технологій.

Завдання вступного випробування складається з трьох теоретичних питань. До екзаменаційного білету включаються відповідно: 1 питання з першого або другого розділів, 2 питання – третього розділу, 3 - з четвертого розділу.

Вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену.

Тривалість підготовки вступника до відповіді – 2 академічні години.

У наступному розділі програми наведені лише ті теми з зазначених розділів, які стосуються виконання завдань вступних випробувань.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Галузеве машинобудування» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

*Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

1. ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ

1.1 Основи гідродинаміки

Роль гідромеханічних процесів у хімічній технології. Класифікація та характеристика неоднорідних систем. Класифікація гідромеханічних процесів. Матеріальний баланс гідромеханічних процесів.

Основні характеристики потоку. Режими течії. Пояснити рівняння нерозривності. Вивести рівняння руху та рівняння Нав'є-Стокса. Ньютонівські та неньютонівські рідини. Пояснити утворення пограничного шару. Аналіз рівнянь Нав'є-Стокса методами теорії подібності. Узагальнені (критеріальні) рівняння гідродинаміки. Основи гідродинаміки двофазних потоків. Фізико-хімічні засади механіки дисперсних систем.

1.2 Розділення неоднорідних систем

Класифікація неоднорідних систем за агрегатним станом дисперсійного середовища та дисперсної фази.

Фізична модель осадження в полі гравітаційних сил. Вивести диференційне рівняння осідання в полі сил тяжіння. Одержати критеріальне рівняння для розрахунку швидкості осідання методом теорії подібності. Пояснити фізичну суть стисненого осідання в рідинних відстійниках. Матеріальний баланс рідинного відстійника. Типові конструкції газових та рідинних відстійників. Алгоритм розрахунку газових та рідинних відстійників.

Фізична суть процесу осадження в полі відцентрових сил та приклади його застосування в хімічній та нафтохімічній технологіях. Вивести диференціальне рівняння осідання в полі відцентрових сил. Одержати критеріальні залежності для визначення швидкості осідання твердих частинок в полі відцентрових сил. Порівняти швидкості осідання твердих частинок в гравітаційному та відцентровому полі. Вивести модифікований критерій Архімеда. Фактор розділення. Типові конструкції циклонів. Апарат із зустрічними закрученими потоками. Фізична модель розділення рідких неоднорідних систем в гідроциклонах. Фактори які впливають на ефективність розділення в гідроциклонах. Область застосування. Основні конструкції гідроциклонів. Методика розрахунку гідроциклонів. Центрифуги для розділення суспензій відстійного типу. Класифікація центрифуг. Матеріальний баланс центрифуги. Вивести формулу для фактору розділення. Обґрунтувати параметри, які суттєво впливають на фактор розділення. Вивід рівняння поверхні розділення в барабані центрифуги. Визначення середнього та внутрішнього радіусу шару осаду в

барабані центрифуги. Особливості конструкції барабану центрифуги. Типові конструкції центрифуг відстійного типу періодичної та безперервної дії. Центрифуги для розділення емульсій. Сепаратори для розділення рідин. Розрахунок продуктивності періодичного та безперервного процесу центрифугування. Порядок розрахунку відстійних центрифуг. Фільтруючі центрифуги. Визначення рушійної сили процесу у фільтруючих центрифугах. Типові конструкції фільтруючих центрифуг періодичної та безперервної дії. Порядок розрахунку фільтруючих центрифуг. Вивести залежності основних витрат потужності центрифуг в пусковий та робочий періоди.

1.3 Фільтрування

Фізична сутність процесу фільтрації газових та рідинних неоднорідних систем. Типи фільтруючих перегородок для фільтрування газових неоднорідних систем та особливості їх застосування в хімічній та нафтохімічній промисловості. Конструкції рукавних, керамічних та металокерамічних фільтрів та фільтрів із зернистим рухомим шаром. Особливості фільтрування суспензій. Фактори, які впливають на швидкість фільтрації. Виведення диференційного рівняння руху рідини, що не стискується в порах осаду. Виведення основного рівняння фільтрації. Виведення критеріальної залежності для процесу фільтрації. Визначення еквівалентного діаметру пор осаду. Перетворення основного рівняння фільтрування при постійному тиску та постійній швидкості. Типові конструкції фільтрів періодичної та безперервної дії з різними способами формування рушійної сили. Порядок розрахунку газових фільтрів та фільтрів для суспензій безперервної дії (стрічкового та барабанного).

Розрахунок коефіцієнтів осадження для різних механізмів осадження. Типи фільтрувальних матеріалів для стерилізації повітря, їх вибір. Розрахунок висоти набивного фільтра для стерилізації повітря залежно від обраного критерію стерилізації, фільтрувального матеріалу і швидкості руху повітря у фільтрі. Апаратура для стерилізації аераційного повітря.

1.4 Перемішування у рідкому середовищі

Фізична сутність процесу перемішування і його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Інтенсивність та ефективність перемішування. Перетворення критеріїв Рейнольдса та Ейлера для мішалок. Виведення залежності для розрахунку витрат потужності для мішалок в пусковий та робочий періоди. Пневматичне, циркуляційне та кавітаційне перемішування. Типи механічних мішалок. Перемішування неньютонівських рідин. Порядок вибору мішалок.

1.5 Псевдозрідження

Фізична сутність процесу і його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Гідродинамічні основи процесу псевдозрідження. Крива псевдозрідження. Визначення швидкостей початку псевдозрідження і початку виносу. Види структур псевдозрідженого шару. Розрахунок гідравлічного опору в псевдозрідженому шарі. Порядок розрахунку апарату із псевдозрідженим шаром. Навести основні типи газорозподільчих решіток.

2 МЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ

2.1 Подрібнення матеріалів

Теоретичні основи процесів подрібнення. Подрібнення матеріалів. Призначення процесів. Основний принцип процесу подрібнення. Основні фактори процесу подрібнення: витрати енергії ступінь подрібнення.

Гранулометрія. Визначення середньозваженого розміру матеріалу. Номінальна і середня ступінь подрібнення. Класифікація матеріалів за крупністю та фізико-механічними властивостями. Подрібнення і помел.

Способи подрібнення матеріалів, їх аналіз. Робота та потужність подрібнення. Три теорії подрібнення, їх аналіз і можливості застосування. Застосування об'ємної теорії для розрахунку потужності щоквої дробарки. Потужність процесу подрібнення. Напружений стан твердого тіла. Формула потужності подрібнення і її аналіз.

Щокві дробарки. Основні конструкції. Кут захвату. Число обертів, продуктивність, потужність. Конусні дробарки. Область застосування. Основні конструкції машин з крутим конусом та грибовидною головкою. Основні параметри конусних дробарок з крутим конусом. Кут захвату. Число обертів. Продуктивність. Потужність. Основні параметри дробарок з пологим конусом, грибовидною головкою. Число обертів (максимальне і оптимальне). Продуктивність, потужність.

Проміжне подрібнення. Валкові дробарки. Область застосування. Кут захвату. Співвідношення між розмірами подріблюваного матеріалу і валків. Продуктивність. Максимальне число обертів. Потужність. Молоткові дробарки. Область застосування. Основні конструкції. Теорія роботи молоткової дробарки. Розрахунки параметрів дробарки.

Грубий помел. Бігуни. Область застосування. Основні конструкції. Співвідношення між розмірами подріблюваного матеріалу і розмірами котків. Число обертів при обертанні котків і чаші. Різні методи розвантаження бігунів. Потужність приводу, продуктивність. Роликові млини. Принципи роботи і область застосування. Типи роликівих кільцевих млинів: з центробіжним натиском на ролики та кулі. Будова, робота та деякі параметричні і силові

розрахунки. Молоткові, шахтні та пневматичні млини. Дезінтегратори. Конструкції і основні розрахунки.

Тонкий та сверхтонкий помел. Кульові млини. Область застосування. Класифікація млинів, їх основні конструкції. Млини однокамерні та багатокамерні. Число обертів млинів. Продуктивність. Аналіз рівняння для визначення продуктивності. Замкнутий цикл роботи кульового млина. Ступінь завантаження мелючими тілами і оптимальні умови роботи млинів. Потужність. Вібромлини. Область їх застосування. Основні конструкції. Методи розрахунків основних параметрів (потужність, опори, дебаланси). Млини колоїдні. Основні види. Конструктивні особливості. Принцип роботи.

Механічне сортування матеріалів. Класифікація матеріалів по крупності. Призначення процесу. Способи класифікації: від мілкового до крупного і навпаки. Грохоти, їх класифікація. Грохоти, які хитаються і обертаються. Дротяні сита, їх маркування. ККД грохота. Методи визначення продуктивності грохотів. Гиращі грохоти. Числа обертів в залежності від напрямку руху матеріалів. Потужність і продуктивність. Конструкції гиращі грохотів. Горизонтальні грохоти на похилих гнучких стійках. Число обертів в залежності від напрямку руху матеріалу. Врівноважування грохотів. Розрахунки гнучких стійок. Потужність приводу. Розрахунки продуктивності. Інерційні грохоти. Направлений та ненаправлений дебаланси. Розрахунки дебалансів та пружин. Потужність і продуктивність. Напіввібраційні грохоти.

3 ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ

3.1 Основи теплопередачі

Роль теплових процесів в хімічній та нафтохімічній технології. Тепловий баланс. Промислові теплоносії. Способи організації теплообміну зі зміною агрегатного стану.

Види теплових процесів, їх особливості. Основне рівняння теплопередачі. Рушійна сила теплових процесів. Обчислення середньої різниці температур для прямого, перехресного та змішаного току. Коефіцієнти теплопередачі та тепловіддачі.

Теплопровідність. Закон Фур'є–Біо. Температурний градієнт. Коефіцієнти теплопровідності. Диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є–Кірхгофа. Формули для розрахунків теплопередачі через плоскі та циліндричні стінки за стаціонарного теплового режиму. Термічні опори. Методика рішень задач у випадках нестаціонарних теплових режимів.

Конвективний теплообмін. Види руху рідин та газів (вільна та вимушена конвекція). Режими руху рідин і газів (ламінарний, турбулентний). Закон Ньютона–Ріхмана. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Коефіцієнти тепловіддачі та теплопередачі, методика визначення і розрахунків

коефіцієнтів. Рівняння подібності (критеріальні рівняння) для процесів конвективного теплообміну, методика їх інженерного застосування. Тепловіддача в неньютонівських рідинах.

Теплообмін випромінюванням: фізичні особливості процесу. Основні закони випромінювання (Планка, Стефана–Больцмана, Кірхгофа). Складні (радіаційно-конвективні) процеси теплообміну, їх особливості. Коефіцієнти тепловіддачі при випромінюванні.

Теплообмін при змінах агрегатного стану. Тепловіддача при кипінні, конденсації, плавленні, твердінні. Теплообмін з зернистими шарами і насадками.

3.2 Нагрівання, охолодження

Значення нагрівання, охолодження, конденсації при реалізації хіміко-технологічних та нафтохімічних процесів. Межі застосування температур та вибір відповідного теплоносія або охолоджуючого агента.

Нагрівання водяною парою, димовими газами, проміжними теплоносіями, електричним струмом. Охолодження водою, повітрям, льодом.

Конденсація поверхнева та змішана. Конденсація парогазових сумішей.

Класифікація теплообмінної апаратури. Теплообмінники рекуперативного типу. Теплообмінники кожухотрубчасті одно- та багатоходові, спіральні, ребристі, пластинчаті та ін. Теплообмінна апаратура регенеративного типу. Визначення оптимальних швидкостей теплоносіїв та кінцевих перепадів температур. Алгоритм розрахунку теплообмінної апаратури рекуперативного та регенеративного типу. Конденсатори змішання, алгоритм їх розрахунку.

Обладнання та устаткування для проведення процесів біосинтезу. Класифікація ферментаційного обладнання. Аеробні та анаеробні умови культивування мікроорганізмів.

Вимоги до стерильності проведення процесів біосинтезу. Типова апаратура для підготовки поживних середовищ.

Стерилізаційні процедури. Устаткування для періодичної і безперервної стерилізації. Інженерна реалізація способів стерилізації апаратури та комунікації. Вибір лінії УНС і технологічні розрахунки лінії.

Методи стерилізації повітря під час культивування мікроорганізмів. Апаратура для стерилізації аераційного повітря. Методи стерилізації повітря під час культивування мікроорганізмів.

3.3 Випарювання

Фізична сутність процесу та його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Випарювання під тиском і вакуумом. Однократне випарювання. Схема однокорпусної випарної установки. Матеріальний та тепловий баланс однократного випарювання. Теплота розчинення. Загальна та корисна різниця

температур. Визначення загальної різниці температур з урахуванням температурної та гідростатичної депресій. Гідравлічні втрати. Визначення витрат грюючої пари та площі поверхні теплообміну. Питомі витрати грюючої пари.

Багатократне випаровування. Сутність та переваги багатократного випаровування. Прямотечійні, протитечійні багатокорпусні випарні установки та установки з тепловим насосом. Порівняльна характеристика різних схем випарювання. Матеріальний та тепловий баланси багатократного випарювання. Розподіл загальної різниці температур в багатокорпусній випарній установці. Розподіл корисної різниці температур по корпусам. Оптимальна кількість корпусів в установках багатократного випарювання. Конструкції випарних апаратів і їх класифікація. Випарні апарати з природною та вимушеною циркуляцією. Гравітаційні та роторні випарні апарати. Алгоритм розрахунку випарних установок.

3.4 Штучне охолодження

Пояснити фізичну суть перенесення теплоти з низького на високий температурний рівень.

Зворотний цикл Карно. Холодильний коефіцієнт. Охолодження при ізоентропійному та ізоентальпійному розширенні. Температура інверсії .

Помірне охолодження. Способи помірного охолодження. Парокомпресійні холодильні установки. Холодильні агенти. Цикли з сухим ходом компресора. Побудова циклів в T-S та P-I діаграмах, визначення питомої холодопродуктивності, теплового навантаження теплообмінної апаратури, витрати холодоагенту та розрахунок потужності компресора. Схеми пароводяної, електричної та абсорбційної холодильних установок. Схема розрахунку установок помірного охолодження.

Глибоке охолодження. Мінімальна робота для зрідження газів. Ступеневе охолодження із застосуванням проміжних холодильних агрегатів. Регенеративний цикл з ізоентальпійним розширенням стиснутого газу. Алгоритм розрахунку установок глибокого охолодження.

4 МАСООБМІННІ ПРОЦЕСИ

4.1 Основи масопередачі

Фізична сутність процесу масопередачі. Стан рівноваги. Правило фаз. Механізм процесу масопередачі. Молекулярна, турбулентна та конвективна дифузії. Моделі дифузійних процесів. Перший закон Фіка. Вивести диференційне рівняння молекулярної та конвективної дифузій. Сформулювати основне рівняння конвективної дифузії. Вивести рівняння на межі розділу фаз. Вивести критерії подібності та критеріальні залежності для масообмінних процесів.

Матеріальний баланс процесів масообміну для абсорбції. Вивести рівняння робочої лінії процесу для абсорбції для випадків коли лінія рівноваги пряма та крива. Визначення середньої рушійної сили процесу, коли лінія рівноваги пряма і крива. Провести перетворення основного рівняння масопередачі для насадкових апаратів. Пояснити фізичну суть числа і висоти одиниць масопереносу. Вивести залежність коефіцієнта масопередачі. Порядок розрахунку масообмінних апаратів. Визначення висоти насадкових апаратів. Визначення числа дійсних тарілок за кінетичними кривими.

Масопередача в системах з твердою фазою. Масопровідність. Проаналізувати дифенційне рівняння масопровідності. Коефіцієнт масопровідності. Критеріальне рівняння масопередачі в системах з твердою фазою.

Явища переносу в газорідних системах. Перенос речовини в біореакторах. Технології для отримання води очищеної та води для ін'єкцій. Характеристика та цільове призначення води у фармацевтичному виробництві. Типові технології для отримання води очищеної та води для ін'єкцій. Особливості процесів переносу кисню в біореакторах. Газорідні системи. Газовміст пін та міжфазна поверхня. Реологічні властивості газорідних систем. Перенос імпульсу в газорідних системах. Явища переносу в газорідних системах. Перенос речовини в біореакторах.

4.2 Абсорбція і десорбція

Фізична сутність процесу і його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Рівновага в процесах абсорбції. Фізична та хімічна абсорбція. Матеріальний та тепловий баланси абсорбції. Визначення мінімальних витрат поглинача. Неізотермічна абсорбція. Десорбція. Кінетика процесу. Принципові схеми процесів абсорбції: протитечійні, прямотечійні та з рециркуляцією по рідкій та газовій фазі.

Фізична сутність процесу десорбції. Матеріальний баланс процесу. Скласти рівняння матеріального балансу процесу в диференціальній формі. Одержання рівняння робочої лінії процесу. Способи проведення десорбції.

4.3 Ректифікація

Фізична сутність процесу і його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Фазова рівновага системі рідина–пар для бінарних сумішей. Вивести рівняння матеріального і теплового балансу ректифікації. Флегмове число. Періодична та безперервна ректифікації. Вивести рівняння робочих ліній для верхньої та нижньої частини колони. Кінетика процесу ректифікації. Азеотропна та екстрактивна ректифікація. Визначення мінімального флегмового числа.

Способи розрахунку числа дійсних тарілок. Ректифікація багатокомпонентних сумішей. Принципові схеми процесів.

Дистиляція. Однократне випаровування. Проста перегонка та перегонка з дефлегмацією, перегонка з водяною парою. Вивести рівняння для розрахунку простої перегонки.

4.4 Базові конструкції апаратів для абсорбції і ректифікації

Плівкові колони. Принцип роботи. Типи плівкових колон. Режими роботи. Гідродинаміка плівкових апаратів.

Насадкові колони. Принцип роботи. Типи насадок. Робочі режими. Гідродинаміка насадкових колон. Визначення робочої швидкості газу при протитечійній схемі.

Тарілчасті колони. Принцип роботи. Основні тарілки: клапанні, ковпачкові, сітчасті та провальні. Робочі режими. Гідродинаміка тарілчастих колон. Схеми розрахунку апаратів для проведення процесів абсорбції та ректифікації.

4.5 Процеси екстракції в системах рідина–рідина

Фізична сутність процесу екстракції та його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Рівновага в процесах екстракції. Матеріальний баланс. Діаграми процесів екстракції. Кінетичні закономірності. Принципові схеми процесів екстракції. Базові конструкції екстракторів. Графоаналітичний спосіб визначення числа ступенів екстракції.

4.6 Процеси розчинення та екстракції в системах тверде тіло–рідина

Фізична сутність процесу та його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Рівновага, матеріальний баланс, кінетика процесу розчинення. Визначення числа ступеней екстракції і побудова діаграми. Принципові схеми процесів, апаратури. Схеми розрахунку апаратів.

4.7 Адсорбція

Фізична сутність процесу та його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Рівновага в процесах адсорбції. Теплота адсорбції. Адсорбенти. Умови десорбції. Матеріальний баланс процесу. Кінетика адсорбції. Принципові схеми процесів адсорбції, апаратура. Схема розрахунку адсорберів.

4.8 Процес розділення з використанням роздільних перегородок

Фізична сутність процесу та його застосування в хімічній та нафтохімічній технології. Мікропористі та полімерні мембрани. Мембранне розділення рідин, газів, мембранне випаровування. Зворотній осмос та ультрафільтрація. Теорія проникнення речовин скрізь мембрани. Апаратура для здійснення процесу;

апарати з плоско-камерними та трубчатими фільтруючими елементами, фільтруючими елементами рулонного типу та порожнистими волокнами. Схеми розрахунку апаратів. Мембранні процеси концентрування і розділення: мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування, зворотний осмос. Поняття про селективність і проникливість мембран. Теорія рівноваги Доннана. Класифікація мембран. Існуючі і перспективні конструкції апаратів для баромембранних процесів очищення і концентрування продуктів мікробіологічного синтезу.

4.9 Сушіння

Фізична сутність процесу сушіння та його застосування у хімічній технології. Способи теплового сушіння. Рівноважна вологість і зв'язок вологи з висушуваними матеріалами. Властивості вологого повітря. Побудова « $I-d$ »-діаграми для вологого повітря, методика практичного використання діаграми. Матеріальний і тепловий баланси сушіння. Зображення процесів сушіння на « $I-d$ »-діаграмі вологого повітря. Принципові схеми процесів сушіння та розрахунки із використанням « $I-d$ »-діаграми. Основні типи промислових сушарок. Схема розрахунку параметрів і технічних характеристик сушарок.

4.10 Перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей

Основні відомості про полімери та пластмаси. Наповнювачі та композиційні матеріали з використанням полімерів. Основні властивості термопластів. Загальні відомості про реологію. Ньютонівські й неньютонівські рідини. Основні параметри в'язкої течії; криві течії. Високоеластичні та релаксаційні властивості полімерів. Підготовчі, формоутворювальні та заключні методи переробки пластмас.

Процес змішування полімерів і матеріалів з їх застосуванням. Конструктивно-технологічне оформлення процесу змішування. Конструктивно-технологічне оформлення процесів вальцювання й каландрування. Екструзія полімерних матеріалів. Конструктивно-технологічне оформлення процесу лиття під тиском. Конструктивно-технологічне оформлення процесу пресування полімерних матеріалів. Конструктивно-технологічне оформлення процесу термоформування виробів з листових і плівкових термопластів. Конструктивно-технологічне оформлення виготовлення виробів з реактопластів.

4.11 Сучасні методи розрахунків обладнання

Класифікація існуючих числових методів дослідження напружено-деформованого стану машин і обладнання хімічних виробництв, що знаходяться під дією складних статичних, циклічних та температурних навантажень.

4.12 Конструкції та принцип роботи машин та обладнання

Класифікація умов роботи машин та обладнання хімічних виробництв. Силове статичне навантаження. Циклічні навантаження періодичної дії. Температурні навантаження. Граничні умови. Схеми руйнування машин та обладнання.

4.13 Основні співвідношення механіки деформованого твердого тіла

Геометричні співвідношення. Фізичні співвідношення. Співвідношення рівноваги. Граничні умови. Механіка руйнування. Умови накопичення дефектів в елементах машин та обладнання.

4.14 Класифікація та аналіз гіпотез теорій оболонок

Вибір системи гіпотез, що дозволяють моделювати неоднорідний розподіл деформацій поперечного зсуву для можливості побудови математичної моделі руйнування багатошарових композитних елементів обладнання хімічних виробництв. Математична модель розрахунку міцності елементів обладнання на основі безмоментної теорії пластин та оболонок. Математична модель розрахунку міцності елементів машин та обладнання на основі моментної теорії оболонок.

4.15 Основи числових методів розрахунків обладнання

Основи варіаційного підходу до вирішення задач визначення деформованого стану конструкцій. Функціонали та їх властивості. Варіація функціоналу. Варіаційний принцип Лагранжа. Основні положення методу Ритца та методу Бубнова-Гальоркіна. Метод скінчених елементів. Основні поняття про дискретну модель. Класифікація видів скінчених елементів. Поняття про апроксимуючі функції. Матриця жорсткості скінченого елемента. Загальна процедура виводу вираження для отримання коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента. Фізичний зміст коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента. Поняття про глобальну нумерацію вузлів конструкції, вузлове навантаження. Граничні умови. Процедура побудови загальної матриці жорсткості конструкції. Глобальна система рівнянь рівноваги. Прямі та ітераційні методи вирішення систем лінійних рівнянь. Основні положення про фізично нелінійне деформування матеріалу. Лінеаризація нелінійних рівнянь механіки. Методи вирішення нелінійних рівнянь. Аналіз сучасних алгоритмів динамічного розрахунку конструкцій хімічного машинобудування. Алгоритми розрахунку конструкцій хімічного машинобудування при примусових коливаннях. Ефект резонансу.

4.16 Теоретичні засади математичного моделювання процесів тепло масообміну

Системи координат. Запис рівнянь збереження в різних системах координат. Умови однозначності. Математичне формулювання умов однозначності.

Методи розв'язання математичних моделей. Аналітичні методи. Наближені методи. Числові методи. Метод кінцевих різниць. Метод кінцевих елементів. Методи примежового шару в моделюванні процесів тепло масообміну. Математичне моделювання процесів тепло масообміну. Математичне моделювання гідродинамічних процесів. Моделювання процесів переміщення. Моделювання процесів ізотермічного руху рідини в щільних, круглих та кільцевих каналах. Математичне моделювання процесів стаціонарної та нестаціонарної тепловідності. Математичне моделювання процесів масообміну та тепло масообміну.

4.17 Основи механіки суцільних середовищ (МСС)

Гіпотези МСС і їх роль при розробці математичних моделей. Задачі механіки суцільного середовища. Поняття континууму. Лагранжеві та Ейлереві координати для опису руху тіл, матеріальна або субстанціональна похідна за часом. Координатні системи. Поняття вектора. Представлення векторів в прямокутних і косокутних прямолінійних координатах. Основний і взаємний векторні базиси. Німий, вільний, коваріантний і контраваріантний індекси. Визначення тензора. Представлення тензорів через вектори основного і взаємного базисів, векторний супровід. Унарні дії над тензором: транспонування, скалярна згортка, векторна згортка, слід тензора. Бінарні операції з тензорами: сума тензорів, скалярний добуток, подвійний скалярний добуток, векторний добуток, тензорний добуток. Диференціювання тензорів. Оператор Гамільтона. Оператори градієнта, дивергенції і ротора, їх фізичний та математичний зміст. Приклади застосування цих операторів в рівняннях МСС. Криволінійні координати. Диференціювання тензорів в криволінійних координатах. Фізичні закони для твердих тіл. Представлення фізичних рівнянь стану в тензорній формі. Співвідношення між напруженням і швидкістю деформації для рідин і газів. Закон Нав'є-Стокса. Девіаторні та середні напруження в рідині. Закон збереження маси. Вивід рівняння нерозривності. Інваріантна форма рівняння збереження маси. Рівняння руху. Форми запису диференціального рівняння руху. Рівняння рівноваги і тензори напружень в Лагранжевих змінних. Тензори Піоли та Коші-Ейлера. Зв'язок між тензором напруження і вектором напруження. Нормальне зусилля і напруження на поверхні. Дотичне напруження на поверхні. Принцип Даламбера. Закон збереження кількості руху (імпульсу). Закон збереження механічної енергії.

Закон збереження повної енергії. Основна система диференціальних рівнянь МСС. Основні рівняння МСС для рідин та газів.

III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література

1. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 1: підручник / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев – К. : НТУУ „КПІ”, 2011 – Ч.1 – 416 с.
2. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 2: підручник / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев – К. : НТУУ „КПІ”, 2011 – Ч.2 – 416 с.
3. І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник. – К.: “Інрес”: “Волл” , 2006. – 261с.
4. І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: “Норіта-плюс”, 2007. – 216с.
5. І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. Навчальні дослідження процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: “Норіта-плюс”, 2006 . – 160с.
8. Малиновский В.В. Коваленко І.В. Процеси та апарати хімічної технології в прикладах і завданнях. - Київ: УМК ВО , 1992 . – 192 с.
12. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., ГОТЛИНСКАЯ А.П., и др.. Процессы и аппараты химической технологи. Учебник. В двух частях. Часть 1./ Под ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСКОГО. – Харьков: НТУ «ХПИ» 2004. – 632 с.: ил. – На русск. Яз.
13. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., ГОТЛИНСКАЯ А.П., и др. Процессы и аппараты химической технологи. Учебник. В двух частях. Часть 2./ Под ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСКОГО. – Харьков: НТУ «ХПИ» 2004. – 632 с.: ил. – На русск. Яз.
14. Врогов А.П. Масообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв. Навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007 – 284 с.
15. Лабораторній практикум по курсу «Основные процессы и аппараты химической технологии»: учеб. Пособие / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, В.А. Лещенко, А.П. ГОТЛИНСКАЯ и др.; под ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСКОГО. Харьков: НТУ «ХПИ», 2008 – 420 с.- На рус.яз.
16. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтеперерабатывающей технологии. М.: Химия, 1987, 406 с.
17. Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии. М. Химия, 1973, 754 с.
18. Скобло А.Й., Трегубова Й.А., Молоханов Ю.К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. -М.; Химия, 1982, 583 с.

19. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е В 2-х кн. Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия. 1995. - 400 с.
20. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е В 2-х кн. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия. 1995. - 368с.
21. Чернобыльский И. И. Выпарные установки. – К.: Вища школа, 1970. – 244 с.
22. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
23. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
24. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия. 1975. - 487 с.
25. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. 292 с.
26. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ. Розв'язання задач. Київ : НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. 392 с.
27. Карвацький А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 391 с.

Додаткова література

1. Андреев С.Е. и др. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых.- М.: Госгортехиздат, 1966.- 378 с.
2. Барабашкин В.П. Молотковые и роторные дробилки.- М: Недра, 1963.- 218с.
3. Богданов А.И. Механическое оборудование цементных заводов.- М.: Промстройздат, 1961. - 296 с.
4. Кольман-Иванов Э.Э. Конструирование и расчет химических производств. - М.: Машиностроение, 1985. -408 с.
5. Коган В.В. Теоретические основы типовых процессов химической технологии. Л.: Химия, 1977.
5. Перри Д. Справочник инженера-химика. Т.1 и 2, перевод с английского под ред. Н.М.Жаворонкова и П.Г.Романкова. Л.; Химия, 1969.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - М.: Химия, 1987, 576 с.

7. Клушанцев Б.В. Щековые дробилки. - М.: ЦИНТИ , 1962.- 181с.
8. Машины химических производств: Атлас конструкций: Учеб. пособие (Под ред. Э.Э. Кольмана-Иванова) - М.: Машиностроение, 1981. - 118с.
9. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик.- М.: Госгортехиздат, 1963.- 243 с.

IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Початковий рейтинг абітурієнта за екзамен розраховується виходячи із 100-бальної шкали. При визначенні загального рейтингу вступника початковий рейтинг за екзамен перераховується у 200-бальну шкалу за відповідною таблицею (п.4).

2. На екзамені абітурієнти готуються до усної відповіді на завдання екзаменаційного білету.

Кожне завдання комплексного фахового вступного випробування містить три теоретичні питання. Перші два питання є загальними за галуззю інформаційних технологій. Останнє питання орієнтоване на спеціальну підготовку вступника.

Кожне з перших двох питань оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 27-30 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 23-26 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 18-22 бали;

- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Третє питання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 36-40 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 30-35 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 24-29 балів;

- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

3. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

4. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до 200- бальної шкали згідно з таблицею:

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100...200)

Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

У. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ

Форма № Н-5.05

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь _____ *доктор філософії* _____

Спеціальність _____ ***133 Галузеве машинобудування*** _____
(назва)

Навчальна дисципліна _____ *Вступний іспит* _____

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № _____

1. Питання 1

2. Питання 2

3. Питання 3

Затверджено

Гарант освітньої програми

_____ Ярослав КОРНІЄНКО

Київ 2021

РОЗРОБНИКИ:

Ярослав КОРНІЄНКО, д.т.н., проф., завідувач кафедри машин і апаратів хімічних та нафтохімічних виробництв, ІХФ

Володимир СІВЕЦЬКИЙ, к.т.н., проф., професор кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування, ІХФ

Андрій СТЕПАНЮК, к.т.н., доц. доцент кафедри машин і апаратів хімічних та нафтохімічних виробництв, ІХФ

Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ, к.т.н., доц. доцент кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування, ІХФ

Вікторія МЕЛЬНИК, д.т.н., проф., завідувач кафедри біотехніки та інженерії, ФБТ

Людмила РУЖИНСЬКА, к.т.н., доц. доцент кафедри біотехніки та інженерії, ФБТ

Анатолій ШЕВЧУК, д.т.н., проф., завідувач кафедри машин та агрегатів поліграфічного виробництва, ВПІ

Юрій ШОСТАЧУК, к.т.н., доц. доцент кафедри машин та агрегатів поліграфічного виробництва, ВПІ

Програму рекомендовано:

Вченою радою інженерно-хімічного факультету
Голова вченої ради

_____ Євген ПАНОВ
протокол № 1
від 27 січня 2021 р.

Вченою радою факультету біотехнології та біотехніки
Голова вченої ради

_____ ???????
протокол № ____
від « ____ » « _____ » 2021 р.

Вченою радою видавничо-поліграфічного інституту
Голова вченої ради

_____ ???????
протокол № ____
від « ____ » « _____ » 2021 р.